Revista EaD &
tecnologias digitais na educação

Desenvolvimento do Pensamento Computacional em Contextos Maker: uma revisão da literatura

Gabriela Roth (UERGS)

https://orcid.org/0000-0002-8744-1049

gabriela-roth@uergs.edu.br

Fabrícia Damando Santos (UERGS)

https://orcid.org/0000-0001-5301-6856

fabricia-santos@uergs.edu.br

***Resumo**: Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC) em práticas maker com Arduino, analisando abordagens pedagógicas utilizadas, formas de avaliar os pilares do PC, desafios e resultados descritos. A revisão seguiu um protocolo de busca, seleção e análise em bases nacionais e internacionais. Os achados evidenciam o uso de metodologias ativas, variados instrumentos de avaliação e desafios ligados à colaboração, abstração e infraestrutura, além de avanços nos pilares do PC e melhorias na criatividade e resolução de problemas. Destaca-se a necessidade de ampliar pesquisas sobre avaliação do PC e fortalecer investigações em contextos escolares formais no Brasil.*

***Palavras-chave**: Computação na Educação Básica. Educação Maker. Arduino.*

***Abstract**: This article presents a Systematic Literature Review on the development of Computational Thinking (CT) in maker-based practices using Arduino, analyzing the pedagogical approaches adopted, the methods employed to assess CT pillars, and the challenges and outcomes reported. The review followed a structured protocol for searching, selecting, and analyzing studies in national and international da-*

tabases. The findings highlight the use of active methodologies, diverse assessment instruments, and challenges related to collaboration, abstraction, and infrastructure, as well as advances in CT pillars and improvements in creativity and problem-solving. The review underscores the need to expand research on CT assessment and to strengthen investigations conducted in formal school contexts in Brazil.

Keywords: *Computing in Basic Education. Maker Education. Arduino.*

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Pensamento Computacional (PC) consolidou-se como uma competência essencial para a formação de cidadãos na sociedade digital, sendo reconhecido como habilidade-chave do século XXI (Blikstein, 2008; Li; Zhang; Huang, 2022). Definido por Wing (2006) como a habilidade de resolver problemas, projetar sistemas e compreender comportamentos a partir de conceitos da ciência da computação, o PC extrapola a programação e se aplica a diferentes áreas do conhecimento, permitindo aos estudantes desenvolver raciocínios lógicos, criativos e estruturados.

No Brasil, essa importância foi legalmente reafirmada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual incluiu a cultura digital como competência geral, assim como a Política Nacional de Educação Digital (PNED) (Lei nº 14.533/2023) que estabeleceu diretrizes para sua implementação. Complementando a BNCC, as normas que definem o ensino de Computação como área obrigatória na Educação Básica, com foco nos eixos Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital, foram instituídas pela Resolução CNE/CEB nº 1/2022.

Paralelamente à consolidação do PC, a disseminação da Educação Maker e do movimento “aprender fazendo” ampliou as possibilidades de aprendizagem ativa, colocando o estudante como protagonista na construção de artefatos tangíveis e digitais (Aleixo, 2021; Moran, 2017). Nesse cenário, o uso de placas microcontroladoras como o Arduino tem se destacado como recurso acessível e versátil para aproximar a teoria da prática, favorecendo a experimentação, a criatividade e a interdisciplinaridade em sala de aula (Grover; Pea, 2013; Richard; Giri, 2019; Rossi, 2025). Tais experiências permitem explorar desde conceitos básicos de programação até a prototipagem de soluções reais para problemas da comunida-

de, articulando o desenvolvimento do PC com a aplicação prática em contextos significativos.

Apesar do crescente interesse, ainda são limitadas as investigações que analisam de forma sistemática como o PC tem sido trabalhado em propostas que articulam o uso do Arduino em atividades em espaços maker. Essa lacuna reforça a necessidade de compreender de que modo tais iniciativas têm sido estruturadas.

Nesse sentido, compreender os pilares que fundamentam o PC é essencial para analisar como essas habilidades têm sido mobilizadas nas práticas educacionais. De acordo com Brackmann (2017, p. 33):

> O Pensamento Computacional envolve identificar um problema complexo e quebrá-lo em pedaços menores e mais fáceis de gerenciar (DECOMPOSIÇÃO). Cada um desses problemas menores pode ser analisado individualmente com maior profundidade, identificando problemas parecidos que já foram solucionados anteriormente (RECONHECIMENTO DE PADRÕES), focando apenas nos detalhes que são importantes, enquanto informações irrelevantes são ignoradas (ABSTRAÇÃO). Por último, passos ou regras simples podem ser criados para resolver cada um dos subproblemas encontrados (ALGORITMOS). [...] Como pode ser percebido, o Pensamento Computacional utiliza essas "quatro dimensões", denominadas aqui como "Quatro Pilares" (Decomposição, Reconhecimento de Padrões, Abstração e Algoritmos), para atingir o objetivo principal: a resolução de problemas (Brackmann, 2017, p. 33).

A compreensão desses pilares fornece subsídios para examinar como as práticas pedagógicas que utilizam o Arduino e a cultura maker promovem o desenvolvimento do PC. Embora tais práticas possam ser aplicadas em diferentes etapas da educação básica, este estudo concentra-se especificamente nos anos finais do Ensino Fundamental e no 1º ano do Ensino Médio, uma vez que as propostas aqui apresentadas servirão de base para o desenvolvimento de atividades destinadas, posteriormente, a esses níveis de ensino.

Diante desse contexto, a presente Revisão Sistemática da Literatura (RSL) tem como objetivo identificar como o Pensamento Computacional vem sendo desenvolvido em contextos educacionais que utilizam Arduino[1] e abordagens maker, examinando as práticas pedagógicas empregadas, os métodos de avaliação dos pilares do PC, os desafios relatados e as

[1] Aqui será utilizado como base o Arduino ou demais microcontroladores semelhantes.

percepções dos pesquisadores sobre a aprendizagem dos estudantes, com enfoque nos anos finais do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio.

Busca-se, por meio desta RSL, oferecer uma contribuição ao campo da Educação em Computação ao sistematizar como o PC tem sido trabalhado em propostas pedagógicas que integram o Arduino e práticas maker, oferecendo subsídios teóricos para orientar futuras pesquisas e apoiar professores e gestores na adoção de propostas pedagógicas baseadas em práticas ativas.

Com base nesse objetivo, a questão central que norteia esta RSL é: *Como o Pensamento Computacional tem sido desenvolvido em contextos educacionais que utilizam projetos com Arduino em abordagens maker?*

Este artigo está organizado em cinco seções. Após esta introdução, a Seção 2 apresenta a metodologia adotada, descrevendo o protocolo de revisão sistemática, as bases de dados consultadas, os critérios de inclusão e exclusão e as *strings* de busca. A Seção 3 detalha o processo de seleção dos estudos e a aplicação dos critérios definidos. A Seção 4 expõe e discute os resultados obtidos, incluindo as análises relativas às práticas pedagógicas, aos métodos de avaliação dos pilares do Pensamento Computacional, aos desafios e às percepções de aprendizagem. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais, sintetizando as principais contribuições, limitações e perspectivas para pesquisas futuras.

2 PROTOCOLO DE REVISÃO

Uma RSL corresponde a um tipo de estudo secundário que busca reunir, avaliar criticamente e interpretar, de maneira rigorosa e transparente, todas as evidências disponíveis sobre uma questão de pesquisa ou fenômeno específico, tendo como base os estudos primários já publicados (Kitchenham, 2004).

Para o desenvolvimento desta RSL, foram utilizadas as etapas propostas por Siddaway, Wood e Hedges (2019). Para o relato do processo de seleção dos estudos para a RSL foi utilizado PRISMA 2020 *flow diagram*, que descreve o fluxo de informações através das diferentes etapas de uma RSL (Page et al., 2021).

Nesta RSL foi feita uma busca nas seguintes bases de dados: ACM Digital Library, SBC-OpenLib (SOL), Scopus, Catálogo de Teses e Dissertações Capes (CTD/CAPES), LUME e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), considerando o período de 2017 a 2025, a fim de abranger as publicações mais recentes e alinhadas ao contexto contemporâneo da Educação em Computação. A seguir, apresentam-se as questões de pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão e as *strings* de busca utilizadas.

2.1 QUESTÕES DE PESQUISA

Tendo em vista o objetivo desta RSL, pretende-se responder à questão fundamental desta investigação: "Como o Pensamento Computacional tem sido desenvolvido em contextos educacionais que utilizam projetos com Arduino em abordagens maker?"

Para auxiliar na resposta da questão principal, foram definidas outras quatro subquestões de pesquisa (QP), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Subquestões de Pesquisa

ID	Subquestões de Pesquisa	Motivação
QP1	Quais práticas pedagógicas com Arduino têm sido usadas para desenvolver o Pensamento Computacional?	Compreender quais práticas já foram exploradas e seu potencial educativo no desenvolvimento do PC.
QP2	Como os pilares do Pensamento Computacional são identificados ou avaliados?	Evidenciar os métodos de avaliação usados e a consistência na identificação dos pilares do PC.
QP3	Quais desafios ou limitações são relatados na implementação de projetos com Arduino em espaços de aprendizagem maker?	Identificar obstáculos enfrentados em contextos semelhantes ao da pesquisa a fim de orientar futuras implementações.
QP4	Quais percepções os pesquisadores apresentaram sobre a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades dos alunos em estudos que utilizaram Arduino em contextos maker?	Oferecer uma visão sobre os impactos percebidos no aprendizado e nas habilidades dos estudantes, ampliando a interpretação dos resultados.

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Para assegurar a relevância e a consistência dos estudos selecionados nesta RSL, foram estabelecidos Critérios de Inclusão (CI) que orientaram todo o processo de triagem. Esses critérios definem os limites temáticos, temporais e formais da pesquisa, de modo a garantir que apenas trabalhos diretamente relacionados ao objetivo central — o desenvolvi-

mento do Pensamento Computacional em contextos educacionais com Arduino e abordagens maker — fossem considerados. A seguir, no Quadro 2, apresentam-se os critérios adotados, que buscam garantir a abrangência necessária sem comprometer a qualidade e a comparabilidade dos estudos incluídos.

Quadro 2 – Critérios de Inclusão

ID	Critério de Inclusão
CI1	Estudos publicados entre 2017 e 2025.
CI2	Estudos que tratam explicitamente de Pensamento Computacional.
CI3	Estudos que apresentem experiências práticas ou estudos empíricos com o uso de Arduino, microcontroladores ou tecnologias similares.
CI4	Estudos relacionados à Educação Maker, Espaços Maker, cultura maker ou abordagens de "aprender fazendo".
CI5	Estudos aplicados em contextos educacionais, envolvendo alunos dos anos finais do Ensino Fundamental ou do 1º ano do Ensino Médio.
CI6	Estudos no formato de artigos de periódicos científicos, anais de eventos acadêmicos, teses ou dissertações.

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

2.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Paralelamente, foram definidos Critérios de Exclusão (CE) com o intuito de refinar o corpus e evitar a incorporação de estudos que não contribuam de forma direta para responder às questões de pesquisa. Dessa forma, assegura-se que a análise se mantenha rigorosa, coerente e alinhada aos objetivos propostos. A seguir, os CE são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Critérios de Exclusão

ID	Critério de Exclusão
CE1	Estudos que não se tratam de uma pesquisa primária.
CE2	Estudos que não abordam o Pensamento Computacional como objetivo ou resultado direto.
CE3	Estudos que não utilizem Arduino ou tecnologias similares.
CE4	Estudos que não envolvam metodologias ativas ou contextos maker.
CE5	Estudos duplicados.
CE6	Estudos que não estejam disponíveis em texto completo ou apresentem acesso restrito não viável.

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

2.4 *STRINGS* DE BUSCA

A definição das *strings* de busca foi elaborada a partir das questões de pesquisa e dos critérios de inclusão, de modo a garantir a recuperação abrangente e precisa dos estudos relevantes. Para isso, os termos-chave foram selecionados e combinados por meio de operadores booleanos, contemplando sinônimos e variações terminológicas relacionadas ao Pensamento Computacional, ao uso do Arduino e às abordagens maker em contextos educacionais. Além disso, foram utilizadas expressões em português e em inglês, a fim de ampliar a abrangência e capturar publicações tanto nacionais quanto internacionais. As *strings* utilizadas estão apresentadas na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – *Strings* de busca utilizadas

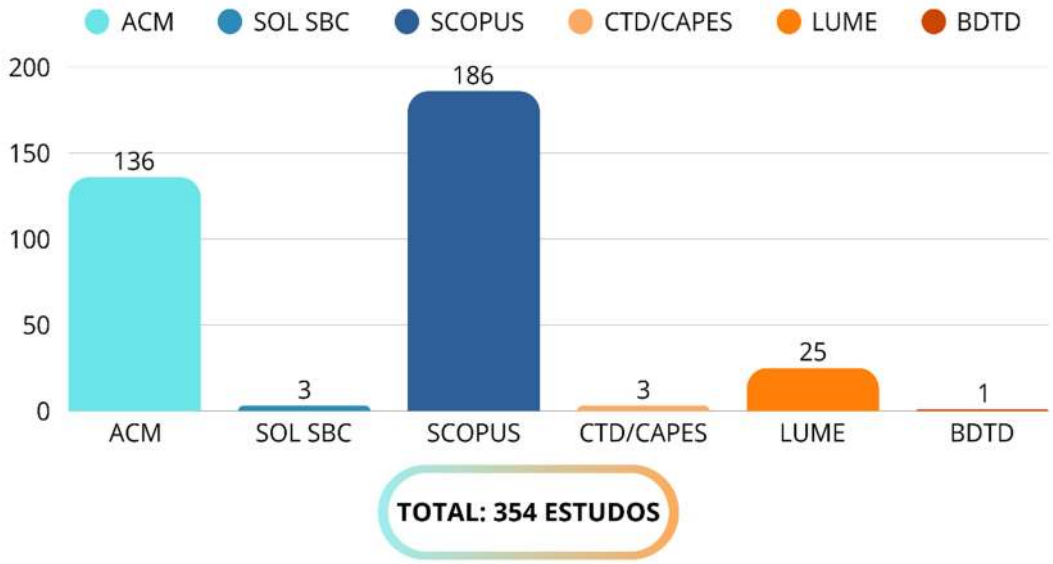
("Pensamento Computacional" **OR** "Computational Thinking") **AND** ("Arduino" **OR** "Microcontroladores" **OR** "Microcontrollers") **AND** ("Educação Maker" **OR** "Maker Education" **OR** "Espaço Maker" **OR** "Laboratório Maker" **OR** "Makerspace" **OR** "Cultura Maker" **OR** "Maker Culture" **OR** "Aprender fazendo" **OR** "Learning by Making" **OR** "Learning by doing" **OR** "Learning-by-making" **OR** "Learning-by-doing" **OR** "Atividade Maker" **OR** "Maker activity")

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

3 PROCESSO DE SELEÇÃO

A aplicação das *strings* de busca nas bases e repositórios selecionados resultou em 354 estudos distribuídos entre diferentes fontes nacionais e internacionais. Esse levantamento inicial permitiu mapear a produção científica disponível em artigos de periódicos, anais de eventos e trabalhos acadêmicos, fornecendo uma visão ampla sobre como o tema vem sendo explorado em distintos contextos de publicação. A seguir, a Figura 2 apresenta a distribuição dos resultados obtidos em cada base consultada.

Figura 2 – Distribuição dos resultados da busca por base de dados



Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

A partir dos 354 estudos inicialmente identificados, foi realizada a primeira etapa de triagem, destinada à remoção de duplicatas e à exclusão de trabalhos que não se enquadravam nos formatos definidos nos critérios de inclusão (CI6). Após essa filtragem inicial, restaram 268 estudos.

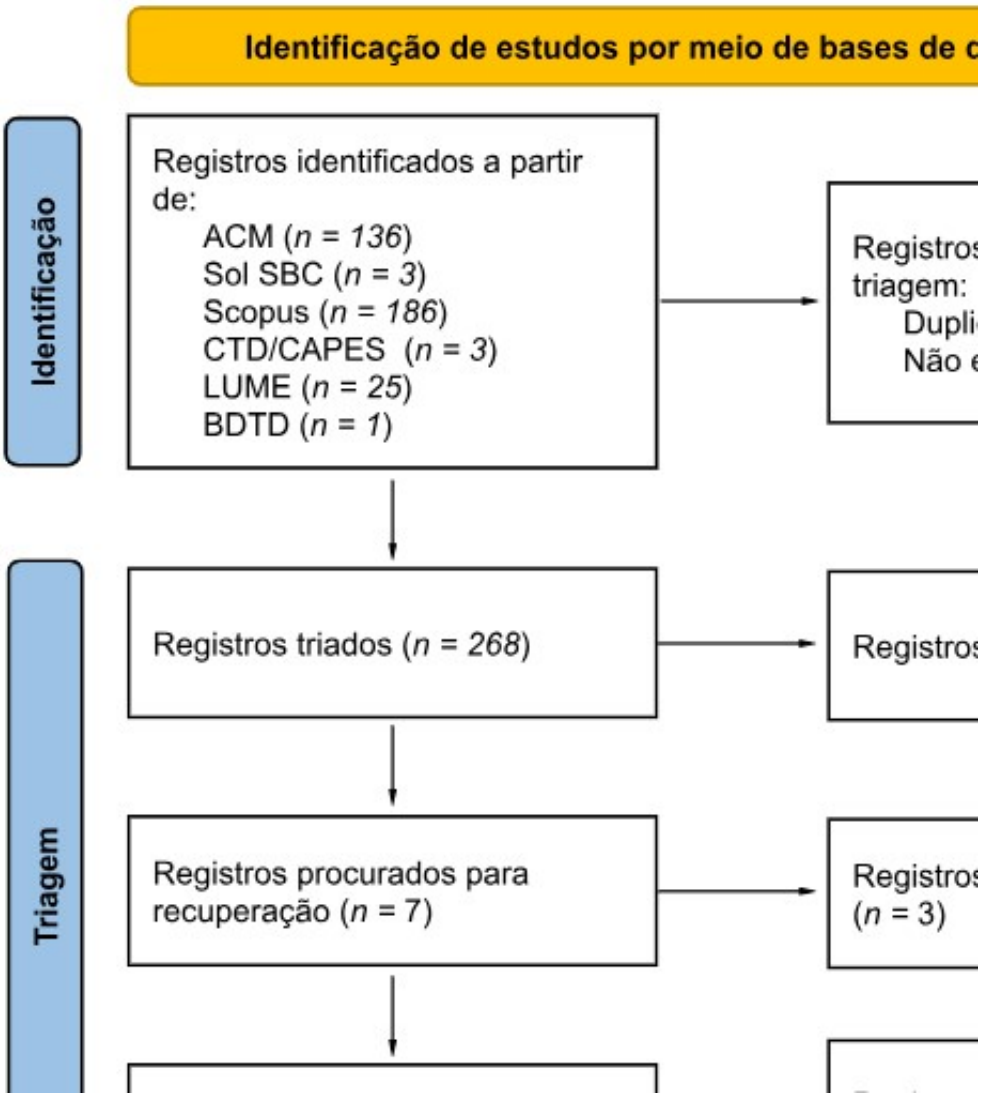
Em seguida, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos, etapa na qual foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão descritos nos Quadros 2 e 3, resultando em 27 estudos potencialmente relevantes para a RSL. Desses, três não foram localizados em sua versão integral, sendo excluídos com base nos critérios de exclusão (CE6).

Na terceira etapa, realizou-se a leitura completa e minuciosa dos 24 estudos remanescentes, verificando se cada um atendia não apenas aos filtros previamente aplicados, mas também às diretrizes estabelecidas nos CI e CE.

Após a conclusão de todas as etapas do processo de seleção, seis estudos foram considerados elegíveis por atenderem integralmente aos critérios de inclusão e não se enquadrarem em nenhum dos critérios de exclusão.

O processo de seleção dos estudos está sistematizado a seguir, na Figura 3, conforme o PRISMA 2020 *flow diagram*.

Figura 3 – Diagrama de fluxo do processo de seleção dos estudos incluídos



Fonte: Elaborado pelas próprias autoras com base em (Page *et al*., 2021).

Dessa forma, o Quadro 4 apresenta os trabalhos acadêmicos que compõem o corpus definitivo desta revisão sistemática, em ordem alfabética por autores.

Quadro 4 – Estudos selecionados na RSL

ID	Título	Autoria	Tipo	Público-alvo	Contexto de aplicação	Atividades propostas	Pilares do PC analisados	Tecnologia utilizada
T1	Computational thinking development through physical computing activities in	(Juškevičienė; Stupurienė; Jevsikova, 2021)	Artigo	8EF	Prática em sala de aula	Projeto com Arduino, ciclo de 7 etapas (problema, hipóteses, prototipagem, testes)	Análise e representação de dados, artefato computacional, decomposição, abstração, algoritmo,	Arduino

	STEAM education						comunicação e colaboração, computação e sociedade e avaliação	
T2	Testing a design-based learning approach to enhance elementary students' computational thinking with experience-sampling method	(Li; Zhang; Huang, 2022)	Artigo	6EF	Oficina/ projeto em sala	Criação de uma "fábrica inteligente" em grupo, com etapas de design, prototipagem, programação e apresentação	Criatividade, pensamento algorítmico, cooperação, pensamento crítico, resolução de problemas	Arduino, sensores eletrônicos, software Mind+
T3	Digital and physical fabrication as multimodal learning: Understanding youth computational thinking when making integrated systems through bidirectionally responsive design	(Richard; Giri, 2019)	Artigo	9EF	Mini-curso	Oficina prática de design multimodal, combinando programação, eletrônica e fabricação têxtil/digital para criar sistemas interativos.	Ciclos de interação, declarações condicionais, comunicação e sincronização, lógica booleana, variáveis e números aleatórios, práticas computacionais e perspectivas computacionais (computação na vida)	E-textiles, Lilypad Arduino, ModKit, Makey Makey e Scratch
T4	O desenvolvimento de habilidades do pensamento Computacional: análise do processo cognitivo à luz da Microgênese	(Rossi, 2025)	Tese	9EF	Oficina	Oficina em grupos + Resolução de situações-problema individuais com prototipagem (semáforo, sensores, botões)	Formulação de problemas, coleta/análise de dados, decomposição, abstração, algoritmo, generalização, automação, depuração, testes	Arduino + Tinkercad
T5	Teaching CT through Internet of Things in High School: Possibilities and Reflections	(Schneider; Bernardini; Boscarioli, 2020)	Artigo	1EM	Oficina	Realização de 6 atividades sequenciais (explicação de conteúdos e prática) e desenvolvimento de projetos sociais (como bengala inteligente e outros)	Decomposição, reconhecimento de padrões, abstração, análise, algoritmo, automação, cooperação e colaboração	Aruino, Esp32 e outros componentes/sensores
T6	Visual Programming Environments and Computational Thinking Performance of Fifth- and Sixth-Grade Students	(Wu; Su, 2021)	Artigo	5EF e 6EF	Prática em sala de aula	Aulas práticas de programação em Scratch e com robôs, comparando o impacto de ambientes de programação visual (VPE) e robôs no desenvolvimento do PC.	Algoritmo, decomposição, reconhecimento de padrões, abstração	VPE (Scratch, code.org, Kodu, Blockly e CodeMonkey) e robôs (mBot, Zenbo, Dash & Dot, SPRKþ, Micro:bit e Wedo 2.0)

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

Revista: EaD & Tecnologias Digitais na Educação, Dourados, MS, 2026.1 – Vol. 14 – n° 21.
ISSN 2318-4051

Após a leitura integral e criteriosa dos estudos selecionados, as informações relevantes foram extraídas de forma sistemática, de modo a responder às subquestões que orientam esta RSL. Essa etapa de extração de dados possibilitou organizar as evidências de forma coerente com os objetivos da pesquisa e com os critérios metodológicos adotados. A seguir, são apresentados os resultados obtidos, iniciando-se com um panorama geral da produção científica identificada. Em seguida, os seis estudos que compõem o corpus final da revisão são analisados em profundidade, conforme as quatro subquestões de pesquisa delineadas, com discussão apresentada na Seção 4. Cada subseção apresenta a síntese dos resultados relacionados a essas dimensões, descrevendo as contribuições e especificidades de cada trabalho, bem como reflexões sobre tendências, lacunas e convergências identificadas na literatura.

4 ANÁLISE DOS ESTUDOS ENCONTRADOS

Inicialmente, com relação aos 354 estudos recuperados nas bases de dados, a análise geral dos resultados evidencia que a maior parte das pesquisas não foi conduzida em contextos formais de ensino, correspondendo a aproximadamente 21% em contextos formais, 42% em contextos informais e 37% em estudos não aplicados — estes últimos compreendendo revisões sistemáticas, descrições de ferramentas, jogos ou atividades em desenvolvimento, divulgação de eventos, entre outros formatos. As investigações em contextos informais englobam iniciativas realizadas fora do ambiente escolar tradicional, tais como cursos de extensão, oficinas práticas, workshops, eventos acadêmicos e competições de robótica. Essa predominância de investigações realizadas em espaços extracurriculares reforça a relevância das recentes políticas públicas voltadas à inserção da Computação na Educação Básica, especialmente a Política Nacional de Educação Digital (PNED), instituída pela Lei nº 14.533/2023, e a Resolução CNE/CEB nº 1/2022, que estabelece a Computação como área obrigatória do currículo escolar. Tais normativas sinalizam um movimento de transição das práticas isoladas e experimentais para a curricularização efetiva da Computação no sistema educacional brasileiro.

Observou-se também que, embora as temáticas de Pensamento Computacional, Educação Maker e uso do Arduino possuam ampla produção científica quando analisadas de forma independente, especialmente o Pensamento Computacional, que concentra um número expressivo de publicações, a integração desses três elementos em um mesmo estudo ainda é pouco explorada. Essa constatação reforça a pertinência e a contribuição desta revisão ao buscar compreender como tais abordagens vêm sendo articuladas em contextos educacionais.

No que se refere ao idioma das publicações, verificou-se que a maior parte dos estudos estava disponível em inglês (321), enquanto 30 publicações estavam em português e 3 em espanhol. Ao final do processo de seleção, 5 estudos em inglês e 1 em português compuseram o corpus final da revisão.

Ademais, durante a triagem, constatou-se que, embora o Pensamento Computacional seja amplamente citado, grande parte das pesquisas não se dedica a investigar diretamente o seu desenvolvimento. Em geral, os trabalhos analisavam dimensões correlatas, como motivação, criatividade, colaboração e competências do século XXI de modo mais amplo. Tal cenário sugere não apenas uma dificuldade metodológica em avaliar de forma direta o desenvolvimento do Pensamento Computacional, mas também pode indicar a tendência de os pesquisadores associarem o conceito a benefícios indiretos, em vez de buscar mensurar o avanço efetivo das habilidades específicas que o compõem.

Considerando esse panorama geral, a próxima etapa da análise concentra-se nos seis estudos que compõem o corpus final da revisão, examinados à luz das quatro subquestões de pesquisa. Nessas subseções, são analisadas: as práticas pedagógicas empregadas nos estudos; a avaliação dos pilares do Pensamento Computacional, indicando quais dimensões foram contempladas; os desafios e limitações relacionados à aplicação dessas abordagens; e as percepções sobre a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades relatadas pelos autores. Essa análise busca aprofundar a compreensão de como o Pensamento Computacional vem sendo desenvolvido em contextos educacionais que integram o uso do Arduino e de práticas maker.

4.1 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS

A análise dos artigos e da tese selecionados na revisão evidencia que diferentes práticas pedagógicas têm sido empregadas com Arduino e outros microcontroladores no intuito de desenvolver o PC. Em linhas gerais, essas práticas se fundamentam em metodologias ativas e construcionistas, privilegiando o protagonismo dos estudantes na resolução de problemas e na construção de artefatos físicos ou digitais. A seguir, apresentam-se as práticas pedagógicas identificadas em cada estudo.

Em T1, as autoras exploram a Aprendizagem Baseada em Problemas integrada ao ensino de STEAM, no currículo de Artesanato e Informática do 8º ano do Ensino Fundamental. A prática foi estruturada em sete etapas (introdução teórica, miniprojetos, modelagem de ideias, criação de pôsteres, uso de planilhas, apresentações e desenvolvimento de artefatos finais), resultando em projetos como casas e ruas inteligentes.

No trabalho T2, a prática pedagógica esteve associada ao Design-based learning (DBL) ou Aprendizagem Baseada em Design, que envolve os alunos na criação de artefatos para resolver problemas do mundo real (Li; Zhang; Huang, 2022). Utilizando kits eletrônicos Arduino e o software de programação Mind+, os alunos passaram por um ciclo de seis etapas: identificar e definir o contexto, pesquisar conhecimentos prévios, desenvolver ideias em grupo, construir protótipos, otimizar e modificar os artefatos e, por fim, obter feedback.

No estudo T3, os autores desenvolveram um mini-curso maker fundamentado no construcionismo, voltado para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Os estudantes participaram de práticas de design bidirecional responsivo por meio de projetos, desenvolvendo sistemas interativos que integravam componentes digitais (como Scratch e ModKit) e físicos (como Lilypad Arduino e Makey Makey). O mini-curso se desenvolveu em etapas que foram da introdução a conceitos e circuitos básicos, passando por remixagem e criação no Scratch, introdução e aprofundamento em e-têxteis, integração de sensores e atuadores em projetos bidirecionais, até culminar no trabalho colaborativo para desenvolver e apresentar projetos finais em uma mostra.

A tese T4 utilizou uma prática próxima à Aprendizagem Baseada em Problemas em uma oficina de introdução à robótica, na qual foram propostos desafios progressivos a serem solucionados pelos estudantes com Arduino, tanto no kit físico quanto no simulador

Tinkercad. Os participantes elaboraram e testaram códigos de programação em um processo iterativo de tentativa, erro e depuração, o que permitiu analisar o desenvolvimento do PC à luz da microgênese cognitiva.

Já a pesquisa de T5 descreve a aplicação de uma oficina que, embora não explicite uma metodologia formal, se aproxima da Aprendizagem Baseada em Projetos, proporcionando que os alunos desenvolvam soluções para problemas reais do cotidiano. A oficina abrangeu três áreas principais (Internet das Coisas, Cidades Inteligentes e Humanas e Dados Públicos) e culminou em um projeto final, no qual os estudantes deveriam propor soluções para problemas sociais ou ambientais com base nos produtos desenvolvidos.

Por fim, em T6 não é relatada uma prática pedagógica conduzida em sala de aula, mas sim um delineamento experimental comparativo, voltado a investigar os efeitos de diferentes ambientes de aprendizagem sobre o Pensamento Computacional de alunos do 5º e 6º ano do Ensino Fundamental.

De modo geral, as práticas pedagógicas mapeadas podem ser agrupadas em três grandes tendências, conforme apresenta o Quadro 5 abaixo:

Quadro 5 – Práticas pedagógicas identificadas nos estudos

Práticas Pedagógicas	Estudo (ID)
Aprendizagem Baseada em Problemas	T1, T4
Design-based learning	T2
Aprendizagem Baseada em Projetos	T3, T5

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

Dessa forma, fica evidente que o desenvolvimento do PC mediado por Arduino está fortemente ancorado em metodologias ativas. A predominância de abordagens como a Aprendizagem Baseada em Problemas, o Design-based Learning e a Aprendizagem Baseada em Projetos demonstra uma convergência na literatura sobre a eficácia de colocar o estudante no centro do processo. Essas práticas transformam problemas reais ou simulados em oportunidades concretas para o desenvolvimento do PC. Assim, a análise realizada a partir da QP1 aponta que o engajamento na criação e solução de desafios práticos é o motor essencial para integrar conceitos de computação com a aplicação em contextos maker.

4.2 AVALIAÇÃO DOS PILARES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL

A identificação e a avaliação dos pilares do PC nos estudos analisados evidenciam uma diversidade de abordagens metodológicas e conceituais, tais como a ênfase em pilares expandidos, que incluem, além dos quatro clássicos (decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos), outras competências como pensamento crítico, cooperação, comunicação e automação, entre outras. Observa-se também a adoção de diferentes estratégias avaliativas, que variam desde o uso de escalas de autoavaliação e dimensões ampliadas até análises processuais e qualitativas mais complexas. Essa diversidade decorre não apenas das especificidades de cada proposta pedagógica, mas também das diferentes tradições teóricas e instrumentos de avaliação adotados pelos pesquisadores.

Compreender as formas pelas quais os pilares do PC são avaliados é fundamental, pois essa análise fornece subsídios concretos para aperfeiçoar as práticas pedagógicas e fortalecer o ensino de Computação nas escolas. Ao identificar os instrumentos e critérios utilizados nas pesquisas, torna-se possível reconhecer quais estratégias se mostraram mais eficazes para promover o desenvolvimento real das habilidades computacionais dos alunos. Além disso, compreender essas formas de mensuração contribui para a construção de práticas pedagógicas mais reflexivas e intencionais, alinhando objetivos de aprendizagem, processos avaliativos e resultados esperados, e promovendo um desenvolvimento mais consistente, contextualizado e significativo dos pilares do PC.

É importante destacar que todos os estudos analisados abordaram, de forma integral ou parcial, os pilares centrais do PC (decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos), ainda que com enfoques e níveis de profundidade distintos. A maioria dos trabalhos manteve esses pilares como estrutura principal de análise ou desenvolvimento das atividades, acrescentando, em alguns casos, dimensões complementares, como criatividade, pensamento crítico, colaboração, conexão com a sociedade, entre outras, as quais, embora não sejam tradicionalmente reconhecidas como pilares, são discutidas na literatura como extensões das competências do PC.

A frequência com que os quatro pilares clássicos aparecem nas pesquisas sugere a existência de um consenso consolidado em torno de sua relevância conceitual e pedagógica. No entanto, a variação observada nas dimensões adicionais adotadas pelos estudos pode

indicar tanto uma ampliação legítima do escopo teórico quanto uma compreensão ainda incipiente e heterogênea sobre os próprios pilares. Assim, a forma como esses elementos são traduzidos em indicadores mensuráveis depende fortemente do referencial teórico e metodológico escolhido, refletindo a diversidade, mas também a falta de padronização, que ainda caracterizam o campo do PC.

No artigo T1, a avaliação do PC foi conduzida por meio de questionários de autoavaliação, utilizando uma escala Likert, aplicados em pré e pós-teste, contemplando 29 habilidades distribuídas em sete dimensões: artefato computacional, decomposição, abstração, algoritmos, comunicação e colaboração, computação e sociedade e avaliação. Esse modelo permitiu mapear avanços de forma detalhada e identificar até mesmo quedas na percepção de algumas habilidades, o que foi interpretado como processo de conscientização dos próprios limites.

No estudo T2, a identificação das habilidades ocorreu por meio da Metodologia de Amostragem de Experiência (Experience-Sampling Method – ESM), que capturava em diferentes momentos do ciclo de aprendizagem a autoavaliação dos alunos sobre cinco dimensões: criatividade, pensamento algorítmico, pensamento colaborativo, pensamento crítico e resolução de problemas. Assim como em T1, em T2 as autoras também utilizaram a escala Likert para quantificar a percepção de desenvolvimento das habilidades de PC autoavaliadas pelos alunos nas coletas do ESM.

Já em T3, a avaliação do PC se apoiou no quadro teórico de Brennan e Resnick (2012), que contempla conceitos, práticas e perspectivas. Foram analisados artefatos, vídeos, entrevistas e anotações, o que permitiu observar não apenas a aplicação de conceitos como loops, condicionais e variáveis, mas também práticas de depuração, design iterativo e remixagem, além de perspectivas como expressão pessoal e conexão com interesses culturais. Assim, o estudo ampliou o olhar para além dos pilares técnicos, incluindo dimensões atitudinais e culturais.

A tese T4 utilizou a microgênese cognitiva como lente de análise. Nesse caso, a identificação dos pilares foi feita a partir do acompanhamento detalhado das ações dos estudantes em situações-problema, revelando habilidades como formulação do problema, decomposição, abstração, pensamento algorítmico, simulação, testes, depuração e generalização.

A análise processual permitiu captar as trajetórias cognitivas dos alunos, evidenciando como os pilares emergiam em momentos de reorganização de estratégias.

O artigo T5 tratou os pilares do PC de forma explícita, trabalhando-os ao longo das oficinas: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos foram abordados diretamente nas atividades, enquanto colaboração, criatividade e automação foram acrescentadas como dimensões complementares. A avaliação foi qualitativa, baseada em questionários e observações, evidenciando o desenvolvimento das habilidades a partir da resolução de problemas contextualizados.

Por fim, o estudo T6 adotou uma abordagem quantitativa mais tradicional, aplicando testes de múltipla escolha validados por especialistas, que contemplavam quatro dimensões: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e design de algoritmos. Nesse caso, os resultados permitiram comparar grupos com diferentes experiências prévias em programação visual e robótica, revelando desempenho diferenciado entre os pilares, com reconhecimento de padrões sendo o mais consolidado e algoritmos o mais desafiador.

Sendo assim, a análise evidencia que, embora haja convergência em torno dos pilares centrais do PC, os estudos variaram significativamente em termos de referenciais, métodos e instrumentos de avaliação. Enquanto alguns trabalhos priorizaram escalas de autoavaliação e dimensões ampliadas (T1, T2), outros investiram em análises processuais e qualitativas mais complexas (T3, T4), e alguns se mantiveram mais próximos à mensuração tradicional dos quatro pilares clássicos (T5, T6). Essa heterogeneidade sugere tanto a riqueza quanto a falta de padronização na área, sugerindo que futuras pesquisas podem se beneficiar de modelos híbridos que integrem diferentes perspectivas para capturar de forma mais completa o desenvolvimento do PC em contextos maker mediados por Arduino. Por outro lado, levanta-se a hipótese de que alguns professores ainda desconhecem os pilares ou não sabem como avaliá-los, o que pode abrir um espaço contundente para formação de professores na área.

4.3 DESAFIOS E LIMITAÇÕES

A análise dos estudos selecionados evidencia que a implementação de projetos com Arduino em espaços de aprendizagem maker, embora promissora, apresenta um conjunto de desafios e limitações que precisam ser considerados para potencializar a efetividade des-

sas práticas. Tais dificuldades abrangem tanto aspectos pedagógicos quanto técnicos e contextuais, variando conforme a proposta metodológica e o público envolvido.

Um dos pontos mais recorrentes refere-se às dificuldades de colaboração e trabalho em grupo, observadas em estudos como T1, T2 e T4. Problemas na distribuição de responsabilidades, na tomada de decisões coletivas e no exercício da liderança foram identificados, especialmente em etapas mais complexas, revelando que a cooperação entre os estudantes nem sempre ocorre de forma natural e requer mediação ativa dos docentes.

Outro desafio recorrente diz respeito às barreiras cognitivas ligadas à abstração e ao design de algoritmos[2] apontadas em T4 e T6. Nessas pesquisas, os alunos apresentaram dificuldades em lidar com conceitos abstratos e em elaborar soluções algorítmicas estruturadas, o que sugere a necessidade de estratégias pedagógicas para apoiar esse processo. Segundo T6, esse apoio deve envolver maior orientação e explicações por parte dos professores durante o ensino de programação. Já T4 aponta que o uso do Tinkercad contribui tanto para o desenvolvimento da abstração quanto para a construção de algoritmos, pois a plataforma permite testes e simulações constantes. Além disso, o estudo também destaca que a intervenção do professor diante das perturbações cognitivas é essencial, encorajando os alunos a reorganizarem seu pensamento e avançarem na solução dos problemas.

Nos estudos T3 e T5, destacaram-se os aspectos técnicos e contextuais: a complexidade de lidar simultaneamente com múltiplas ferramentas, problemas de infraestrutura como a ausência de equipamentos adequados, além de limitações de tempo e sobrecarga de conteúdos que dificultaram o andamento das atividades.

Além disso, a pesquisa T5 evidenciou a falta de conhecimentos prévios e inseguranças práticas: alunos sem familiaridade com eletrônica e programação relataram medo de danificar os componentes e enfrentaram dificuldades iniciais de manipulação, o que impactou a fluidez do processo de aprendizagem.

Outro ponto enfatizado em diferentes estudos (T2, T3 e T4) é a necessidade constante de mediação docente. A intervenção dos professores mostrou-se crucial para apoiar a depuração de códigos, reorganizar estratégias, resolver impasses de cooperação e sustentar

[2] Nomenclatura adotada pelos autores.

o engajamento dos alunos, revelando que a autonomia esperada em projetos maker depende de um suporte instrucional contínuo.

Essas recorrências podem ser melhor visualizadas no Quadro 6, que organiza as categorias de desafios identificadas em cada estudo, permitindo observar tanto os pontos comuns quanto as especificidades de cada experiência.

Quadro 6 – Desafios identificados em cada estudo

Categoria do desafio	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Dificuldades de colaboração e trabalho em grupo	●	●		●		
Abstração e design de algoritmos				●		●
Aspectos técnicos e contextuais			●		●	
Conhecimentos prévios e habilidades de manipulação					●	
Necessidade de mediação docente		●	●	●		

Fonte: Elaborado pelas próprias autoras.

Em síntese, os desafios identificados apontam para a complexidade de integrar o Arduino em contextos educacionais maker. Se, por um lado, as práticas promovem engajamento e desenvolvimento de habilidades de PC, por outro exigem uma estrutura pedagógica sólida, tempo adequado, infraestrutura mínima e acompanhamento próximo dos docentes. Assim, a superação das limitações não depende apenas da motivação dos alunos, mas também de condições institucionais e metodológicas que sustentem de forma realista o processo de aprendizagem.

4.4 PERCEPÇÕES SOBRE A APRENDIZAGEM E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES

A análise das percepções relatadas nos estudos evidencia que os projetos com Arduino em contextos maker são reconhecidos como experiências positivas, tanto no desenvolvimento de habilidades ligadas ao PC quanto na promoção de competências complementares. De modo geral, os pesquisadores (T1, T2, T4, T6) destacaram avanços significativos em pilares centrais, como decomposição, abstração, algoritmos e reconhecimento de padrões, além de ganhos em dimensões adicionais como criação de artefatos, avaliação, colaboração e conexão com a sociedade.

Para além dos pilares clássicos, o estudo T2 apontou benefícios em termos de criatividade, pensamento crítico e resolução de problemas, ressaltando que a participação em atividades maker com Arduino estimula os alunos a adotar posturas investigativas e iterativas diante de situações desafiadoras. Também se destacou o papel do design iterativo, da depuração e da experimentação prática como componentes-chave para consolidar aprendizagens.

Outro aspecto recorrente refere-se ao engajamento e à motivação dos estudantes, especialmente quando os projetos estavam associados a problemas reais ou de relevância social. No estudo T5, por exemplo, os alunos valorizaram o impacto concreto de suas soluções, como bengalas inteligentes ou sistemas de automação, reconhecendo a utilidade prática de seus protótipos. Esse engajamento esteve frequentemente associado ao sentimento de pertencimento e à possibilidade de visualizar a computação como um campo criativo, diversificado e conectado a interesses pessoais (T3, T5).

Também foi evidenciada a conscientização dos próprios limites como parte do processo de aprendizagem, apontada em T1. Neste estudo, observou-se queda na autoavaliação de certas habilidades (especialmente colaboração e avaliação), interpretada pelas autoras não como retrocesso, mas como reconhecimento crítico das próprias dificuldades, indicando que os alunos passaram a perceber com maior clareza as competências que ainda precisavam desenvolver. Tal resultado foi compreendido como um ganho metacognitivo, evidenciando que tomar consciência das limitações pessoais também constitui um avanço no processo de aprendizagem.

Portanto, os estudos convergem ao apontar que experiências maker mediadas pelo Arduino não apenas fortalecem os pilares do PC, mas também ampliam horizontes formativos ao desenvolver competências socioemocionais, favorecer a autonomia, incentivar a colaboração e consolidar a visão da computação como prática cultural, criativa e socialmente significativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática analisou como o Pensamento Computacional tem sido desenvolvido em contextos educacionais que utilizam projetos com Arduino em abordagens maker, com enfoque nos anos finais do Ensino Fundamental e no 1º ano do Ensino Médio. A partir da análise de seis estudos selecionados por meio de uma RSL, foi possível evidenciar que as práticas pedagógicas estão fortemente ancoradas em metodologias ativas, que envolvem a centralidade do protagonismo estudantil, da experimentação e da construção de artefatos.

Observou-se também uma ampla variedade de instrumentos para avaliar os pilares do PC, evidenciando que não há um consenso consolidado na literatura quanto à forma de avaliar o desenvolvimento do PC, que carece de parâmetros mais consistentes e comparáveis, refletindo a falta de padronização metodológica na área.

Quanto aos desafios, destacaram-se dificuldades de colaboração entre pares, barreiras ligadas à abstração e ao design de algoritmos, limitações técnicas e contextuais (como infraestrutura e tempo), além da falta de conhecimentos prévios dos estudantes no uso de eletrônica e programação. A necessidade de mediação docente apareceu de forma recorrente, evidenciando que a autonomia desejada nos projetos maker requer suporte pedagógico contínuo para se concretizar.

No que se refere às percepções sobre a aprendizagem, os estudos apontaram ganhos significativos nos pilares do PC e em competências complementares, como criatividade, pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. Também foi recorrente a valorização do engajamento e da motivação dos estudantes, especialmente quando os projetos estavam relacionados a problemas autênticos e socialmente relevantes. Além disso, foi evidenciada a conscientização dos limites individuais como parte do processo formativo, indicando avanços metacognitivos importantes.

De forma geral, o PC tem sido desenvolvido em contextos educacionais com Arduino e abordagens maker por meio de metodologias ativas centradas no desenvolvimento de projetos vinculados a situações-problema reais, que articulam práticas de experimentação e colaboração, permitem a mobilização dos pilares do PC e evidenciam avanços cognitivos e socioemocionais dos estudantes.

A análise também evidenciou a predominância de pesquisas internacionais e extracurriculares, bem como a escassez de estudos nacionais que integrem PC, Arduino e cultura maker. Esse cenário reforça a importância das recentes políticas públicas brasileiras, como a Lei nº 14.533/2023 (PNED) e a Resolução CNE/CEB nº 1/2022, que visam consolidar a Computação como componente curricular e promover sua integração efetiva à Educação Básica.

Este trabalho contribui ao sistematizar lacunas e tendências da literatura, identificar estudos que articulam PC, Arduino e abordagens maker, mapear práticas pedagógicas e verificar como o Arduino ou tecnologias similares vêm sendo usados com intencionalidade pedagógica. Também evidencia limitações, apontando a necessidade de ampliar investigações em ambientes escolares formais. Em conjunto, esses elementos oferecem um panorama dos avanços e desafios na integração entre PC, cultura maker e tecnologias físicas programáveis.

Espera-se que os achados aqui apresentados inspirem a ampliação de práticas educativas que promovam o PC em espaços maker, estimulando o uso de tecnologias físicas e digitais associadas a metodologias mais ativas, investigativas e colaborativas.

Como trabalhos futuros, recomenda-se investigar o impacto da integração curricular do PC com o uso do Arduino e outras plataformas de prototipagem em diferentes níveis de ensino, analisando o desenvolvimento das habilidades de PC e as estratégias docentes mais eficazes. Sugere-se também o desenvolvimento de instrumentos de avaliação capazes de mensurar os pilares do PC, subsidiando professores na identificação de avanços, dificuldades e necessidades de aprendizagem dos estudantes, fortalecendo sua prática pedagógica. Além disso, propõe-se explorar outras formas de articulação entre os pilares do PC e abordagens maker baseadas no desenvolvimento de projetos, promovendo formações docentes que integrem teoria, metodologias ativas e práticas pedagógicas alinhadas às demandas contemporâneas. Por fim, destaca-se que, embora existam diversos estudos voltados ao desenvolvimento do PC, este mapeamento concentrou-se especificamente em abordagens maker com uso do Arduino, indicando a importância de ampliar investigações que explorem outras ferramentas e enfoques pedagógicos capazes de enriquecer o campo.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, A. A. **Cultura maker em contextos educativos**: um estudo de caso em escolas municipais do Recife. Orientador: Altina Ramos. 2022. Tese (Doutorado em Ciências da Educação) – Universidade do Minho, [*S. l.*], 2021. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/77436. Acesso em: 14 abr. 2025.

Brennan, K.; Resnick, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *In*: **Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association**. Vancouver, BC, Canadá: AERA, 2012, p. 1–25. Disponível em: https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf. Acesso em: 16 nov. 2025.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An introduction to systematic reviews**. London: SAGE Publications, 2012.

GROVER, S.; PEA, R. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. **Educational researcher**, v. 42, n. 1, p. 38-43, 2013. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X12463051. Acesso em: 8 abr. 2025.

JUŠKEVIČIENĖ, A.; STUPURIENĖ, G.; JEVSIKOVA, T. Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 29, n. 1, p. 175–190, 2021. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.22365. Acesso em: 9 set. 2025.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK: Keele University, 2004. 33 p. (Technical Report TR/SE-0401). Disponível em: https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

KULKARNI, A. et al. Deploying computation-based Making projects in authentic public school classrooms at scale: Lessons learned. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 45, p. 100738, 2025. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212868925000182. Acesso em: 9 set. 2025.

LI, X.; ZHANG, Y.; HUANG, J. Testing a design-based learning approach to enhance elementary students' computational thinking with experience-sampling method. *In*: **2021 The 3rd World Symposium on Software Engineering**. Xiamen China: ACM, 2021, p. 17–22. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3488838.3488842. Acesso em: 9 set. 2025.

MORAN, J. Tecnologias digitais para uma aprendizagem ativa e inovadora. *In*: MORAN, J. **A Educação que Desejamos: novos desafios e como chegar lá**. São Paulo: Papirus, 2017. cap. 4.

PAGE, M. J *et al*. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. n71, 2021. Disponível em: https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.n71. Acesso em: 24 jul. 2025.

RICHARD, G. T.; GIRI, S. Digital and Physical Fabrication as Multimodal Learning: Understanding Youth Computational Thinking When Making Integrated Systems Through Bidirectionally Responsive Design. **ACM Transactions on Computing Education**, v. 19, n. 3, p. 1–35, 2019. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3243138. Acesso em: 9 set. 2025.

ROSSI, M. L. **O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL**: ANÁLISE DO PROCESSO COGNITIVO À LUZ DA MICROGÊNESE. 2025. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/292329. Acesso em: 9 set. 2025.

SCHNEIDER, G.; BERNARDINI, F.; BOSCARIOLI, C. Teaching CT through Internet of Things in High School: Possibilities and Reflections. *In*: **2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).** Uppsala, Sweden: IEEE, 2020, p. 1–8. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9274184/. Acesso em: 9 set. 2025.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, n. 1, p. 747–770, 2019. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-010418-102803. Acesso em: 23 jul. 2025.

WU, S.Y.; SU, Y. S. Visual Programming Environments and Computational Thinking Performance of Fifth- and Sixth-Grade Students. **Journal of Educational Computing Research**, v. 59, n. 6, p. 1075–1092, 2021. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0735633120988807. Acesso em: 9 set. 2025.